This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE
MORPHOLOGICAL
LABORATORY

Science Libr
QH
471
.K64

Ueber einige Probleme

der

T6639

Physiologie der Fortpflanzung

von

Dr. Georg Klebs,
Professor der Botanik in Basel.

Jena,
Verlag von Gustav Fischer
1895.

Die Rede wurde in der ersten allgemeinen Sitzung der Naturforscher-Versammlung am 16. September 1895 zu Lübeck gehalten; sie ist für den Druck in einigen Punkten umgearbeitet und erweitert worden.

An solchen Tagen, welche die Naturforscher Deutschlands zum lebhaftesten Gedankenaustausch vereinigen, wird das Bedürfnis rege, in dem gewaltigen Kampfe menschlicher Erkenntnis mit den dunkeln Mächten der Natur einen Augenblick stille zu halten, um ruhiger Betrachtung sich hinzugeben. Man wird entweder dazu neigen, einen Rückblick auf ein durch mühevolle Forschung durchwühltes Gebiet zu werfen, um das siegreich Erworbene zu überblicken, mit scharfer Prüfung das Sichere vom Unsicheren, das echt Leuchtende vom glitzernden Schein zu sondern; oder man wird einen Ausblick in weite schimmernde Fernen wagen, wo, in duftigen Nebel gehüllt, noch nie betretene reiche Fluren verheissungsvoll winken, die zu erreichen und zu erforschen jugendliche Kampfeslust ungestüm vorwärts drängt. Heute nun möchte ich mich der vorwärtsschauenden Betrachtung zuwenden und versuchen, ein Aussichtsbild zu entrollen von einer solchen fernen, aber zukunftsreichen Welt der Erscheinungen, die mit den tiefsten Fragen alles Lebens verknüpft ist — ich meine die der Physiologie der Fortpflanzung.

Unter den allen Organismen gemeinsamen Lebenseigenschaften erscheint die Fähigkeit, sich durch Keime irgendwelcher Art fortzupflanzen, als die letzte und höchste Funktion, der alle anderen Funktionen, wie Ernährung, Wachstum, Reizbarkeit, dienen müssen. Denn alles Lebens höchstes Ziel ist, neues Leben zu gebären. Durch die vorbereitende Thätigkeit der niederen Lebensfunktionen wird jeder Organismus erst in jenen Zustand starken Anschwellens aller inneren Kräfte ver-

setzt, zu jener höchsten Machtentfaltung geführt, die in der Erzeugung neuer Wesen gleicher Art ihren wahren Zweck erfüllt. Auf diesem Höhepunkte seines Lebens und Wirkens droht dem Organismus auch schon das Verhängnis seines Unterganges, da oft unmittelbar mit der Bethätigung seines Zeugungstriebes der Tod seiner Individualität verbunden ist, oder dieser nach kürzerer oder längerer Spanne Zeit ihn ereilt.

In staunenswerter Mannigfaltigkeit vollzieht sich der Prozess der Fortpflanzung im Tier- und Pflanzenreich, und seit Jahrhunderten ist die Wissenschaft bestrebt, des hier quellenden Reichtums Herr zu werden. Zunächst waren die gröberen Formverhältnisse, die auf den Bau der Zeugungsorgane sich beziehen, der Gegenstand lebhaften Interesses, weil sie sich auch für die Systematik sehr bedeutungsvoll erwiesen. Die Mannigfaltigkeit selbst in den Einzelheiten, z. B. im Bau der Blüten bei Phanerogamen, erlaubte bis zu den Species herab unterscheidende Merkmale zu finden. Zugleich kam auch der typische Charakter einer ganzen Formengruppe in der Art der Fortpflanzung am klarsten zum Ausdruck, so dass eine vergleichende Betrachtungsweise in dem bunten Gewirre der Formen die feinen verschlungenen Fäden der natürlichen Verwandtschaft zu verfolgen lehrte.

Einen neuen Aufschwung nahm die Lehre von der Fortpflanzung, als in der Mitte unseres Jahrhunderts die ganze Biologie durch die von SCHLEIDEN und SCHWANN angebahnte Zellentheorie von Grund aus umgewandelt wurde. Mit ihr verbunden und von ihr geleitet, trat die mikroskopische Forschung ihren Siegeszug an und führte in das bis dahin unbekannte Gebiet des feineren, inneren Baus der Organismen; durch sie wurde auch erst der Weg zur Erkenntnis der Fortpflanzung der niederen Tiere und Pflanzen geebnet, bei denen vielfach die wesentlichen Vorgänge der Zeugung unverhüllter vor Augen liegen als bei den höher stehenden Wesen, wo tief im Innern geheimnisvoll verborgen der Befruchtungsprozess vor sich geht. Jeder Fortschritt auf dem Gebiete des Zellenlebens wirkte von nun an anregend und befruchtend auf die Lehre von der Fortpflanzung ein. In den 60er Jahren wurde sie durch die von MAX

SCHULTZE zur Anerkennung gebrachte Anschauung gefördert, nach der das weiche schleimige Protoplasma in den Zellen die eigentlichen Triebkräfte des Lebens birgt; seit den 70er Jahren führte die durch STRASBURGER, BÜTSCHLI, FLEMMING u. a. erworbene Erkenntnis von der Bedeutung des kleinen, in jeder Zelle vorhandenen Zellkerns zu neuen Umwälzungen der Ansichten. Das merkwürdige Verhalten des Zellkerns bei der Teilung der Zelle, seine durch scharfsinnige Methoden erschlossenen feinen Strukturen, der experimentelle Nachweis seiner Bedeutung für wichtige Funktionen, alles drängte dazu, seine hervorragende Rolle klar zu legen. Das Interesse für ihn steigerte sich noch, als man erkannte, dass er bei der Befruchtung wesentlich beteiligt ist, und erreichte seinen Gipfelpunkt in der von O. HERTWIG ausgesprochenen und bald anerkannten These, dass bei der Vereinigung der männlichen und weiblichen Geschlechtszellen es allein auf die Verschmelzung ihrer Zellkerne ankommt. Von diesem Standpunkte aus erscheinen die Zellkerne auch als die einzigen Träger der von den Eltern auf die Nachkommen vererbten Eigenschaften, und der Quelle dieser Voraussetzung entspringend, ergiesst sich ein heute noch immer wachsender Strom von lebhaft durcheinanderwirbelnden Hypothesen über das Wesen von Zeugung und Vererbung.

Doch man darf sich nicht darüber täuschen, dass dieser Strom den Vorwärtsstrebenden nicht zu den erwünschten Gefilden tieferer Erkenntnis bringt, sondern ihn bald auf den trockenen Sand des unbefriedigenden Zweifels wirft. Prüft man unbefangen diesen wichtigsten Satz der Zellkernlehre, so bemerkt man, dass er nicht mit zwingender Notwendigkeit aus den Thatsachen folgt. Denn bei allen Befruchtungserscheinungen der Pflanzen und wahrscheinlich auch der Tiere verschmelzen nicht bloss die Zellkerne, sondern auch stets die sie umhüllenden Protoplasmamassen. Auch rein theoretisch muss man annehmen, dass nur in dem Zusammenwirken von Zellkern und Protoplasma die Einheit des Zellenlebens begründet ist, dass beide Teile im vegetativen Leben wie bei der Fortpflanzung ein Ganzes bilden und notwendig zu einander ge-

hören. Das Protoplasma ist noch immer der dunkle Weltteil im Kleinen; nur mühsam gelingt es, neue Formbestandteile in ihm zu entdecken, wie in letzter Zeit das Centrosom, dessen besondere Bedeutung für die Fortpflanzung ebenso wenig klar liegt, wie die von Zellkern und Protoplasma. Die an und für sich so wertvollen und interessanten Ergebnisse der histologischen Forschungen können wohl im Augenblick durch ihren Reichtum blenden, aber sie erscheinen doch nur wie eine glänzende Schale um den unverändert dunkeln Kern des Zeugungsproblems.

Je mächtiger heute die Bestrebungen sind, sich in die Probleme der Fortpflanzung zu vertiefen, um so lebhafter regt sich der Wunsch, neue Wege für ihre Erforschung zu bahnen, da die Morphologie immer verwickeltere Formverhältnisse aufdeckt und dadurch immer neue Rätsel schafft. Wie immer in solchen Fällen müssen wir zur Physiologie greifen, da alles, was mit Zeugung und Vererbung zusammenhängt, seinen innersten Gründen nach physiologisches Problem ist. Jetzt gilt es, an der Physiologie die Fackel zu entzünden, um aus dem so reich aufgehäuften aber noch in Finsternis ruhenden Material morphologischer Thatsachen das funkelnde Gold und Edelgestein wirklicher Erkenntnis herauszuholen.

Die wesentlichen Thatsachen, auf denen unser Wissen von der Zeugung beruht, sind durch experimentelle Forschungen der letzten Jahrhunderte nach langem Kampfe errungen worden. Als um die Mitte unseres Jahrhunderts die allgemeine Physiologie kühner und erfolgreicher vordrang, wurden auch einzelne Fragen der Fortpflanzung in ihren Bereich gezogen. Neben den wichtigen Arbeiten DARWINS über Selbst- und Kreuzbefruchtung haben diejenigen von SACHS über die Bedingungen der Blütenbildung lebhafte Anregung gegeben; in neuerer Zeit haben PFEFFER, VÖCHTING u. a. wichtige Beiträge geliefert, und auch in der Zoologie wächst das Interesse für die physiologische Behandlung der Probleme, wie die Arbeiten von MAUPAS, Gebr. HERTWIG u. a. zeigen, die Forschungen von PFLÜGER, ROUX u. s. w. nicht zu vergessen. Aber ein Blick in die anerkannten Lehr- und Handbücher offenbart

dass eine Physiologie der Fortpflanzung vergleichbar der Physiologie der anderen Funktionen noch nicht existiert, dass sie entweder kaum der Besprechung wert erachtet wird oder wesentlich nur aus einer Zusammenstellung von morphologischen und ökologischen Thatsachen besteht, die oft in unsicher schwankende Erörterungen getaucht sind. Es liegt in der Natur der Sache, dass zuerst die relativ einfacheren Probleme der Ernährung u. s. w in Angriff genommen wurden und die Arbeitskraft der Physiologen beansprucht haben. Die Physiologie der niederen Funktionen musste erst auf eine gewisse Stufe gebracht werden, um von ihr aus zu den schwierigeren, hoch in die Wolken ragenden Höhen emporzusteigen. Für den Augenblick liegt daher die wichtigste Aufgabe darin, feste Angriffspunkte zu gewinnen, die eine physiologische Behandlung der Fortpflanzung ermöglichen; ich will versuchen, an Beispielen aus dem Pflanzenreich einige solche Punkte näher zu bezeichnen.

Die Physiologie erstrebt das Ziel, die mannigfaltigen Lebenserscheinungen als notwendige Wirkungen der ihrer Qualität und Quantität nach bekannten Kräfte zu erkennen. Von vornherein steht diesem Streben eine ungeheure Schranke entgegen, da jeder Organismus, selbst der niedrigste, einer Maschine vergleichbar ist, mit unentwirrbar verwickeltem Räderbau, von dem wir nur die gröberen Teile blosslegen können. Ein Einblick in das Getriebe, dessen Leistungen uns in den Lebensäusserungen vorliegen, wird dadurch möglich, dass jede Lebensmaschine ihre Funktionen nur bei Mitwirkung äusserer bekannter Kräfte vollbringen kann, und dass diese Kräfte mit ihren allernächsten Einflüssen dem Experimente unterworfen werden können. So erscheint es möglich, dem Problem von der Ernährung der grünen Pflanzen näherzutreten, weil sie durch bekannte äussere Stoffe, die Kohlensäure, und durch die Kraft des Sonnenlichtes bedingt wird, und das sind Abhängigkeitsverhältnisse, die sich mit Hilfe chemischer und physikalischer Methoden untersuchen lassen.

Die Grundfrage, von deren Beantwortung die ganze Zukunft der Physiologie der Fortpflanzung beherrscht wird, lautet

dahin, ob überhaupt und in welchem Grade ihre Prozesse von äusseren Kräften beeinflusst werden. Was für die niederen Funktionen längst anerkannt ist, muss für die Fortpflanzung erst bewiesen werden. Ueberblickt man die Lebensgeschichte einer einjährigen Pflanze, die im Frühling keimt, im Sommer blüht und im Herbst nach der Reife der Früchte vergeht, so erhält man den Eindruck, als ob die Blüten notwendig als Folge der innersten Natur der Pflanze auftreten, und dass die äusseren Bedingungen nur mittelbar durch ihre Wirkung auf die vorbereitenden Prozesse der Ernährung, die Blütezeit und die Zahl der Blüten beeinflussen, nicht aber das Blühen selbst bestimmen. Die eigentlich treibenden Kräfte würden nach dieser Ansicht sich der Erkenntnis ebenso entziehen, wie die letzten Ursachen des Lebens überhaupt.

Zum Glück verhält sich die Fortpflanzung nicht prinzipiell verschieden von den andern Funktionen, und der physiologischen Forschung ist das unermesslich reiche Feld dieser höchsten Lebensthätigkeit nicht verschlossen, wenn auch der Zugang mit tausend Riegeln verwehrt erscheint. Am sichersten lässt sich hierfür der Nachweis liefern, wenn wir zu den einfachen Pflanzen herabsteigen, deren ganzes Leben sich in einzelnen Zellen abspielt, die sich in engerer Berührung mit den Kräften der leblosen Natur befinden. Bei der Mehrzahl der niederen Pflanzen unterscheiden wir zwei Arten der Fortpflanzung, die ungeschlechtliche, bei der ein- oder mehrzellige Keime gebildet werden, die jeder für sich zu neuen Wesen heranwachsen, und die geschlechtliche, bei der zwei gesonderte Zellen miteinander verschmelzen müssen, um ein entwicklungsfähiges Produkt zu liefern. Wir wollen zunächst die ungeschlechtliche Fortpflanzung näher betrachten.

Bei den grünen, in unsern Gewässern verbreiteten Algen besteht die ungeschlechtliche Fortpflanzung häufig in der Bildung frei im Wasser beweglicher protozoenartiger Keime, der Zoosporen, die auf eine Verwandtschaft mit einfachen Formen tierischen Lebens in der That hindeuten. Diese Zoosporenbildung, eine höchst charakteristische und eigenartige Fortpflanzungsweise, steht, wie meine Untersuchungen der letzten

Jahre beweisen, in strenger Abhängigkeit von bestimmten äusseren Bedingungen, und die Kenntnis dieser giebt dem Forscher die Macht, nach Belieben die Zoosporenbildung hervorzurufen oder zu unterdrücken. Hier bei diesen einfachen Pflanzen kommt der Physiologe dem heissersehnten und doch kaum erreichbaren Ziele näher, die Launenhaftigkeit der Organismen zu besiegen und die Resultate seiner Versuche an ihnen mit der Sicherheit eines physikalischen oder chemischen Experimentes eintreten zu sehen.

In buntem Wechsel schwankt das Verhältnis der Zoosporenbildung zur Aussenwelt, je nach den einzelnen Arten; bei den einen ruft die Ueberführung aus Nährsalzlösungen in Wasser den Prozess hervor, bei andern bewirkt Veränderung der Lichtintensität das gleiche, und wieder andere Arten werden durch besondere organische Stoffe wie Kohlehydrate, Glykoside dazu veranlasst. Innerhalb der gleichen Gattung sogar (Oedogonium) walten Unterschiede in der Abhängigkeit von der Aussenwelt zwischen den Arten vor, sodass z. B. die eine (capillare) durch Schwächung der Lichtintensität, die andere (diplandrum) durch Erhöhung der Temperatur zur Zoosporenbildung sich zwingen lässt. Diese Resultate sind nur die allerersten kleinen, aber sicheren Schritte, die zu neuen Fragen nach vielen Seiten hin führen; denn jetzt gilt es erst, die Wirkungen der einzelnen Bedingungen auf die Fortpflanzung tiefer zu ergründen, sich zu erklären, warum in einem Falle Licht, im andern Wärme zoosporenerregend wirkt. Diese wie die andern äussern Kräfte sind nicht nur direkt bei dem Vorgange der ungeschlechtlichen Fortpflanzung beteiligt, sondern sie sind zugleich allgemeine Bedingungen des Lebens überhaupt und müssen als solche auch in ihren indirekten Einflüssen untersucht werden. So stellt selbst bei den einfachen Algen der ganze Vorgang eine stark verschlungene Kette verschiedenartiger Prozesse dar.

Ein Haupthindernis, welches diesen Untersuchungen entgegensteht, liegt in der schwierigen Kultur der Algen. Nur wenn diese in gesunder kräftiger Entwickelung begriffen sind, haben die Versuche ihre Fortpflanzung zu erforschen, Aussicht

auf Erfolg. Die Algen zeichnen sich durch eine sehr grosse Empfindlichkeit gegenüber kleinen, kaum merkbaren Veränderungen der sie umgebenden Natur aus, infolge deren sie sehr leicht, anscheinend noch völlig gesund, in einen passiven Zustand geraten, wo nichts mehr sie zur Fortpflanzung bringen kann, bevor man nicht in ihnen durch sehr günstige Verhältnisse neues frisches Leben anfacht. Daher nötigen die Untersuchungen zu einer bisher mangelnden Ausarbeitung der Kulturmethoden, und sie regen dazu an, die leisesten Veränderungen in der Aussenwelt und deren Wirkungen auf die Zellen zu beachten.

So mannigfaltig sich die Beziehungen der ungeschlechtlichen Fortpflanzung zu den äusseren Kräften der Natur bei den einzelnen Algen gestalten, eine allgemeine Erscheinung prägt sich doch in ihrem Verhalten aus: stets erfolgt die Zoosporenbildung in lebhaftestem Grade, wenn eine Alge nach kräftigem Wachstum plötzlich eine Aenderung in ihren äusseren Bedingungen erfährt. Diese Aenderungen — des Lichtes, der Temperatur, der chemischen Beschaffenheit der Umgebung — spielen die Rolle von Reizen, d. h. nach PFEFFERS Definition jenen kleinen Anstössen, die im Organismus die unendlich variierenden Lebensäusserungen veranlassen oder auslösen. Wir erkennen, dass die allen Lebewesen gemeinsame Eigenschaft, solche Reize zu empfinden, auch in den Dienst der Fortpflanzung tritt, und dass auf diese Weise ein neues interessantes Gebiet von Reizerscheinungen für die Physiologie erschlossen wird.

Eine noch grössere Bedeutung als bei den Algen gewinnt die ungeschlechtliche Fortpflanzung in dem grossen Reiche der Pilze, die in ihrem Leben gebunden an vorgebildete organische Substanzen von toten oder lebenden Organismen sehr viel mehr dem Spiel des Zufalls unterworfen sind und diesen Nachteil durch eine ungeheuere Fruchtbarkeit zu beseitigen suchen. Diese tritt in besonders auffälliger Weise bei jenen Pilzen hervor, die mehrere verschiedene Formen ungeschlechtlicher Fortpflanzung bei ein und derselben Species besitzen; giebt es doch Pilze, die 4, ja 5 verschiedene Sporen-Formen

erzeugen, deren genetischer Zusammenhang erst durch lange mühselige Arbeit sich feststellen lässt. Durch die Forschungen DE BARYS, seiner Schule, BREFELDS, u. a. sind die Kulturmethoden auf eine hohe Stufe der Vollendung geführt und ist die Morphologie dieser Pflanzen mächtig gefördert worden. Bei allen den zahlreichen Untersuchungen handelte es sich darum, die Art und Weise der Fortpflanzung zu beobachten, den Zusammenhang verschiedener Pilzformen entwicklungsgeschichtlich nachzuweisen. Dagegen wird die uns hier interessierende Frage nach den physiologischen Bedingungen der Fortpflanzung noch kaum behandelt, und nur wenige Arbeiten, wie die HANSENS über die Sporenbildung der Hefe, berühren das Problem.

BREFELD, der zur Zeit die reichste Erfahrung in der Kultur der Pilze besitzt, kommt zu dem Schluss, dass bei normaler Ernährung nicht äussere Bedingungen für das Auftreten und den Wechsel der Fortpflanzungsformen bei den Pilzen massgebend sind, sondern innere, in der Natur der Pflanze liegende Gründe. Doch lässt ein eingehendes Studium der Arbeiten BREFELDS erkennen, dass seine Beobachtungen nicht zu dieser Folgerung nötigen, weil er die Frage nie in umfassender und zweckentsprechender Weise bearbeitet hat. Gleich das erste Beispiel unter den Pilzen, an dem die Abhängigkeit der Fortpflanzung von äusseren Bedingungen geprüft wurde, entsprach den Erwartungen, zu denen meine Algenstudien berechtigten. BACHMANN, einer meiner Schüler, untersuchte den zierlichen Schimmelpilz Thamnidium elegans, der an dem gleichen Fruchtträger zwei verschiedene Keimbehälter, sog. Sporangien, entwickelt, grosse einzelne am Ende stehende und kleinere an fein verzweigten Aesten seitlich sitzende. In unzweideutiger Weise hängen diese Fruchtformen von charakteristischen äusseren Bedingungen ab, sodass nach Belieben jede Form für sich allein oder beide zugleich zur Entwickelung gebracht werden können. Ebenso vermochte kürzlich in meinem Laboratorium SCHOSTAKOWITCH bei dem überall verbreiteten Pilz Dematium pullulans die verschiedenen Entwicklungsformen wie reine Mycel-Bildung, Hefesprossung, Gemmenbildung als not-

wendige Folgen äusserer Bedingungen zu erkennen. Es gelang ihm auch, den Zusammenhang vom Dematium mit einem früher als selbständig angenommenen Pilz Coniothecium nachzuweisen, der stets unter dem Einfluss höherer Temperatur aus Dematium erzielt werden kann. Während bei den Algen, als lichtbedürftigen Wesen, der Wechsel der Lichtintensität so oft wirkungsvoll ist, lehren die bisherigen Untersuchungen von Pilzen, dass bei ihnen mehr die chemische Zusammensetzung des Nährbodens und die Temperatur einflussreich sind.

Die wenigen Beispiele, die ich anführe, sind nur bedeutsam als die ersten Furchen in einem unbearbeiteten und doch fruchtbaren Boden, sie sollen anregen und auffordern, der noch immer herrschenden morphologischen Richtung in der Pilzkunde die physiologische an die Seite zu stellen, damit die staunenswerte Mannigfaltigkeit ungeschlechtlicher Fruchtformen in ihrem Verhältnis zur Aussenwelt unserem Verständnis näher gebracht wird und zugleich der Systematik neue Mittel gegeben werden, die Verwirrung in den Species zu lösen.

Bei den höheren Kryptogamen, den Moosen und Farnen tritt die ungeschlechtliche Fortpflanzung durchgängig als eine notwendige Stufe der Entwickelung auf, wie bei der Bildung der Sporen in der Mooskapsel, an den Farnblättern; ausserdem zeigt sie sich in verschiedenen Lebenszuständen mehr fakultativ, zum Teil sehr wichtig für starke Vermehrung. Die Beziehungen der verschiedenen Fortpflanzungsweisen zu den äusseren Kräften harren bisher noch der eingehenden Untersuchung; nur einiges Wenige will ich hervorheben, um anzudeuten, wie auch hier der Physiologie neue erfolgreiche Aufgaben erwachsen. Ich konnte nachweisen, dass die Moospflänzchen an dem aus Sporen entstehenden algenartigen Vorkeim, dem Protonema, nur unter der Mitwirkung heller Beleuchtung erzeugt werden. Sinkt die Intensität des Lichtes unter eine bestimmte Grenze, so kann die Ernährung, das Wachstum noch fortgehen, jedoch nicht mehr die Fortpflanzung, und dadurch wird es möglich, die Moose in ihrer sonst so rasch vergänglichen Jugendform beliebig lange zu erhalten.

Selbst in der Geschlechtspflanze der Farne, dem kleinen blattartigen Prothallium, das in wenigen Wochen nach der Erzeugung der jungen Farnpflanze zu Grunde geht, lässt sich die Fähigkeit erwecken, jahrelang zu wachsen und sich zu vermehren. Durch eine Schwächung der Lichtintensität wird die Bildung der weiblichen Geschlechtsorgane unterdrückt, so dass eine Befruchtung trotz der vorhandenen männlichen Organe unmöglich ist; zugleich werden die fortwachsenden Prothallien durch schwaches Licht veranlasst, ungeschlechtliche kleine Vermehrungssprosse zu bilden, die bei hellem Licht zu normalen Prothallien werden.

Bei den Phanerogamen treffen wir selten besondere Organe ungeschlechtlicher Fortpflanzung; doch kann diese auf vegetativem Wege durch Knollen, Zwiebeln oder durch Stecklinge und sonst künstlich hervorgerufene Knospenbildung in lebhafter Weise erfolgen. Indessen will ich darüber hinweggehen und mich lieber zu der geschlechtlichen Fortpflanzung wenden, die in viel höherem Grade das Interesse des Naturforschers erregt, weil sie als das eigentliche Lebensziel der meisten Organismen erscheint, zu dem alles, was in ihnen von Jugend an lebt und wirkt, unaufhaltsam hintreibt.

Der Zeugungsvorgang, dessen wesentlicher Charakter in der Vereinigung der männlichen und weiblichen Geschlechtszellen liegt, bietet mit allem, was ihm vorausgeht und ihm nachfolgt, einen Reichtum von interessanten Lebensproblemen dar, die in tiefes Dunkel gehüllt den höchsten Reiz auf den Forscher ausüben. Im Zusammenhange mit den Erörterungen über die ungeschlechtliche Fortpflanzung drängt sich auch hier die Frage auf, ob die Physiologie im Stande ist, die Bedingungen, welche der Bildung der Geschlechtsorgane zu Grunde liegen, aufzudecken. Allgemein erfolgt die Bildung, wenn der Organismus einen gewissen Reifezustand erreicht hat, der als Folge eines vorhergehenden kräftigen Wachstums erscheint. Doch viele Gelehrte, unter ihnen DARWIN, HERBERT SPENCER, haben betont, dass die sexuelle Funktion ihrem Wesen nach dem Wachstum entgegengesetzt ist, weil mit dem Auftreten der Geschlechtsorgane ein Stillstand des Wachstums verknüpft

ist, und auch lebhaftes Wachstum zu einer Unterdrückung der Geschlechtsthätigkeit führen kann. Von diesem Standpunkt aus bietet sich ein Angriffspunkt für die experimentelle Forschung dar, da es möglich wäre, durch künstliche Hemmung des Wachstums eine vorzeitige oder lebhaftere Bildung der Geschlechtsorgane zu veranlassen. In der That werden seit langer Zeit in der Obstbaumzucht solche Versuche angestellt, bei denen Aepfel- und Birnbäume durch Beschneidung des Wurzelsystems zu lebhafterem Blühen gebracht werden. Die unzweifelhaft bestehende Beziehung zwischen Wachstum und Zeugung, die man unter den weiten Begriff der Correlation fasst, eröffnet aber noch keinen Weg für das physiologische Verständnis, weil die Art des Zusammenhanges völlig undurchsichtig bleibt und daher auf die verschiedenste Weise gedeutet werden kann. Eine klarere Einsicht gewinnen wir vielleicht, wenn wir auch hierbei die niederen Pflanzen voranstellen, bei denen die Aussenwelt unmittelbarer in das Leben eingreift.

Bei niederen Pflanzen, den Algen, treffen wir die beiden Hauptformen der geschlechtlichen Fortpflanzung an; bei der einen vereinigen sich zwei anscheinend gleichartige Zellen, bei der andern höheren Form ist eine Sonderung der Zellen in männliche und weibliche ausgesprochen. Alle Uebergänge zwischen beiden Befruchtungsformen finden sich sogar innerhalb der gleichen engbegrenzten Familie und beweisen, dass ihre prinzipielle Scheidung nicht möglich ist. Wie nun auch die Form der Geschlechtszellen sei, ihre Bildung hängt bei vielen Algen notwendig von äusseren Bedingungen ab. Nach meinen Untersuchungen lassen sich Pflanzen wie Hydrodictyon, Vaucheria, Oedogonium u. a. jederzeit zur geschlechtlichen Fortpflanzung veranlassen, oder durch deren Unterdrückung in sterilem, dabei wachstumsfähigem Zustande erhalten. Die grosse Sicherheit, mit der bei gesundem Material die Versuche gelingen, erlaubt es, die verschiedenen physiologischen Bedingungen zu erforschen.

In allen Fällen beobachten wir dabei die vorhin erwähnte Beziehung, die zwischen dem Auftreten der Geschlechtsorgane

und der Hemmung des Wachstums waltet. Jede der beiden Thätigkeiten verlangt die volle, durch die Ernährung gelieferte Summe der Kraft und zwingt die andere zum Stillstand. Daher müssen wir um die geschlechtliche Thätigkeit künstlich zu veranlassen solche Mittel anwenden, die das Wachstum behindern, z. B. Entziehung der dafür notwendigen anorganischen Salze. Aber es wäre sehr irrig daraus zu schliessen, dass die Wachstumshemmung die nächste wesentliche Ursache der Fortpflanzung wäre. Denn man kann Wachstumshemmung in verschiedener Weise herbeiführen, z. B. bei Oedogonium durch Verdunkelung oder durch mässig konzentrierte Salzlösungen, ohne dass deshalb Geschlechtsorgane entwickelt werden. Um das zu erreichen, müssen noch andere charakteristische äussere Bedingungen mitwirken.

Bei einfacheren Algen, wie dem Wassernetz, können die beweglichen gleichartigen Geschlechtszellen im Dunkeln entstehen und bei Protosiphon, einer Alge, die bisher irrtümlicherweise zu Botrydium gerechnet wurde, wirkt plötzliche Verdunkelung geradezu als Reiz zur Entwickelung der Geschlechtszellen. Dagegen bei der Mehrzahl der höheren Algen gehört das Licht zu den notwendigen Bedingungen des Geschlechtsprozesses. Das Licht liefert zunächst für die grünen Algen die Kraft zur Erzeugung der Nahrungsstoffe, die in sehr reichlicher Menge bei der Entwickelung der Geschlechtsorgane verbraucht werden. Auffallender ist es, dass das Licht noch in ganz spezifischer Weise dabei mitwirken muss. Man kann bei Algen die ernährende Rolle des Lichtes durch Kultur in kohlensäurefreiem Raume und durch Zusatz organischer Substanzen, z. B. Zucker, völlig ersetzen; die spezifische Rolle des Lichtes aber ist bisher unersetzlich und unerklärlich. Wir müssen uns vorläufig mit der Vorstellung begnügen, dass bei der Bildung der Geschlechtsorgane verwickelte chemische Vorgänge beteiligt sind, die analog wie der Ernährungsprozess des Lichtes bedürfen. Während aber der Ernährungsprozess auch bei schwachem Licht erfolgt, nur weniger ergiebig, ist die Wirkung des Lichtes auf die Geschlechtsorgane durchaus

an eine höhere Intensität gebunden, so dass beim Sinken unter eine bestimmte Grenze die Pflanze steril bleiben muss.

Doch auch bei nicht geminderter Beleuchtung unter sonst günstigen Verhältnissen kann die geschlechtliche Fortpflanzung nicht zur Entfaltung kommen, wenn besondere hemmende Umstände eintreten. Sehr auffällig wirken in dieser Richtung die anorganischen Nährsalze, wie Salpeter, phosphorsaurer Kalk u. a., Verbindungen, die bei der Ernährung und dem Wachstum nie fehlen dürfen. Schon eine relativ verdünnte Lösung von 0,2 % einer solchen Nährsalzmischung hemmt die Entwickelung der Geschlechtszellen bei Spirogyra, Oedogonium, welche Algen solange in sterilem Zustande verharren, bis sie wieder in reines Wasser übergeführt werden. Für die Wirkung der Nährsalzlösung ist es gleichgültig, ob das Wachstum ebenfalls gehemmt wird oder ungestört vor sich geht; die Sterilität ist eine direkte Folge der in zu grosser Menge den Zellen dargebotenen Salze.

Noch auf andere Weise kann die geschlechtliche Thätigkeit bei voller Lebenskraft unterdrückt werden: in lebhaft strömendem Wasser, in Bächen, Flüssen, ebenso in Aquarien mit rasch sich erneuerndem Wasser bilden einige Algen (mehrere Arten von Vaucheria, Oedogonium, Spirogyra) niemals Geschlechtsorgane, wachsen dagegen mit grosser Ueppigkeit. Prüft man die chemischen und physikalischen Eigenschaften des strömenden Wassers im Vergleich zum stehenden kleiner Teiche, so lässt sich kein Grund finden, der diese Hemmung erklären könnte. Denn weder die mechanische Reibung, noch das Wegschwemmen von Auswurfsstoffen, noch die gleichmässig niedere Temperatur, noch die immer erneute Zuführung von Nährsalzen, Kohlensäure, Sauerstoff können für sich allein, wie besondere Versuche zeigen, eine solche Wirkung ausüben. Die Annahme bleibt als die wahrscheinlichste übrig, dass alle diese Eigenschaften des strömenden Wassers, besonders der Gehalt an den genannten Substanzen und die niedere Temperatur zusammenwirken, um ein ununterbrochenes Wachstum herbeizuführen. Nur wenige Tage des Aufenthaltes in kleiner, stehender Wassermenge genügen, um die geschlechtliche Thätigkeit

wieder anzuregen. Bei diesen Algen haben wir einen fast sicheren Fall, dass lebhaftes Wachstum, durch nichts gestört, die geschlechtliche Funktion beliebig lange hindert und den Pflanzen dadurch fortdauernde Jugend verleiht. Für die physiologische Forschung gewährt das Verhalten solcher Algen eine sehr bequeme Handhabe, stets steriles und dabei gesundes Versuchsmaterial zu besitzen.

Die Algen sind bisher die einzigen Pflanzen, bei denen die äusseren Bedingungen der geschlechtlichen Fortpflanzung so weit enthüllt sind, dass sie der willkürlichen Gewalt des Physiologen unterworfen ist. Für ihn beginnt erst jetzt die eigentliche Aufgabe, die Wirkung der verschiedenartigen Bedingungen zu erklären, indem er die von ihnen veranlassten Aenderungen im Innern der Zelle zu erkennen strebt. Ueberall stösst er hierbei auf neue, noch ungelöste Fragen, die zugleich der allgemeinen Physiologie angehören und nur im Verein mit ihr, wie mit Hilfe von Chemie und Physik sich erforschen lassen.

Noch sehr viel verwickelter stellt sich das Problem über die Bedingungen der Geschlechtsbildung bei den Blütenpflanzen. Denn jeder äussere Reiz, der irgend eine Wirkung auf die Geschlechtsteile ausübt, beeinflusst auch die anderen Organe der Pflanze, wie Wurzel, Stengel, Blätter, und deren Veränderungen leiten sich wieder auf die Geschlechtsorgane fort, so dass diese von der gleichen Reizquelle verschiedenartige Wirkungen erfahren, deren Erforschung ebenso schwierig wie der Gefahr des Irrtums leicht ausgesetzt ist. Daher geben auch die älteren Versuche, Pflanzen durch äussere Einwirkungen zu reichem Blühen zu bringen, so wenig sichere Resultate; und selbst wenn der Erfolg anscheinend glückt, so befriedigt er doch nicht, weil die ihn bedingenden Umstände nicht klar liegen. Ein Beispiel dafür ist die schon erwähnte Erfahrung, dass durch Beschneiden der Wurzeln die Blütenbildung der Obstbäume befördert wird. Niemand weiss, ob der Wurzelschnitt durch die dabei erregten Wundreize wirkt, in welchem Grade er die Ernährung, die Transpiration oder das

Wachstum beeinflusst, und ob er nur deshalb oder auch unmittelbar für die Blütenbildung von Bedeutung ist.

Die einzigen wissenschaftlichen Untersuchungen, die der neueren Zeit angehören, behandeln die Wirkung des Lichtes auf die Anlage und Ausbildung der Blüten. Den Arbeiten von SACHS verdanken wir den Nachweis, dass bei einer Anzahl Pflanzen die Blätter bei Mitwirkung des Lichtes für die Blütenbildung eine massgebende Rolle spielen. SACHS nimmt an, dass unter dem Einfluss des Lichtes in den Blättern besondere Substanzen erzeugt werden, die nach Art von Fermenten das Nahrungsmaterial zum Aufbau der Blüten verarbeiten. Diese angenommenen Blütenfermente sollen merkwürdigerweise nur durch die ultravioletten, für unser Auge unsichtbaren Strahlen des Sonnenspektrums entstehen. Es ist fraglich, ob diesen Versuchen von SACHS eine allgemeinere Bedeutung zukommt, da meine Experimente an Algen beweisen, dass diese Strahlen für die Entstehung der Geschlechtsorgane gleichgültig sind. Vielmehr stimmen mit den Erfahrungen an den Algen die Versuche VÖCHTINGS überein, welche die entscheidende Bedeutung der Lichtintensität zeigen. VÖCHTING beobachtete, dass durch Schwächung der Lichtintensität die Form und Grösse vieler Blüten verändert wird, grosse offene zu kleinen sich nicht öffnenden umgewandelt werden; er stellte fest, dass Mimulus Tilingi in schwachem Licht überhaupt keine Blüten mehr hervorbringt und jahrelang nur auf vegetativem Wege sich erhält, wobei Laubzweige direkt an Stelle von Blüten sich bilden können. So tritt uns bei dem Vergleiche der Blütenpflanze mit der so tief unter ihr stehenden Alge ein überraschend gleiches Verhalten zum Licht entgegen, wir stehen bei beiden vor dem gleichen noch ungelösten Problem, die spezifische Wirkung des Lichtes zu erklären.

Unzweifelhaft haben neben dem Licht noch andere äussere Bedingungen tiefgreifenden Einfluss auf die Blüten, und die Beobachtungen an den Algen können als Wegweiser dienen für die experimentelle Erforschung der höheren Pflanzen. So werden auch für die Phanerogamen die Nährsalze über eine gewisse Menge hinaus hemmende Wirkungen ausüben, und

vielleicht erklären sich daraus die praktischen Erfahrungen, dass auf stark gedüngtem Boden die Blütenbildung behindert wird. Anderseits wird sich durch Versuche entscheiden lassen, ob die häufige Unfruchtbarkeit der höheren Wasserpflanzen, wie GÖBEL vermutet, bloss durch das lebhaft geförderte Wachstum der Vegetationsorgane veranlasst wird, wofür das Verhalten der Algen in strömendem Wasser sprechen könnte.

Die bisherigen Erörterungen werden genügen, um erkennen zu lassen, dass sowohl die ungeschlechtliche, als die geschlechtliche Fortpflanzung in mannigfaltigster Abhängigkeit von der Aussenwelt steht, und dass dadurch der Physiologie bald schmälere, bald breitere Pfade zum Eindringen in die Probleme geöffnet werden. Beide Arten der Fortpflanzung finden sich in der Mehrzahl der Fälle bei ein und demselben Organismus, sei es Thier oder Pflanze, und die bedeutungsvolle Frage erhebt sich, in welchem Verhältnis diese Fortpflanzungsweisen im Leben der Species zu einander stehen. In die verwirrende Menge von Thatsachen, die durch die Beobachtung der verschiedenartigen Fortpflanzung aufgehäuft war, brachte die wichtige Arbeit STEENSTRUPS über den Generationswechsel (1842) überraschende Klarheit. Durch sie wurde der Nachweis geführt, dass der Lebensgang vieler niederen Tiere nicht in der allmähligen Entwickelung eines einzelnen Individuums abläuft, sondern sich in einem bestimmten und notwendigen Wechsel von ungeschlechtlichen und geschlechtlichen Individuen vollzieht.

Diese Entdeckung des Generationswechsels bei Tieren wirkte befruchtend auch auf die Botanik ein, in der HOFMEISTER entsprechende Erscheinungen bei Farnen und Moosen nachwies. Halten wir uns an den typischen Fall bei den Farnkräutern, so bemerken wir, dass die beblätterte Pflanze die ungeschlechtliche Generation vorstellt, deren Keimzellen, die Sporen, eine ganz andersartige Geschlechtsgeneration, das zarte, kleine Prothallium erzeugen, an dem durch einen Befruchtungsprozess wieder die ungeschlechtliche Farnpflanze entsteht. Beide Generationen sind ihrer Form und Funktion nach verschieden, sind selbständig frei, müssen aber notwendig auf-

einanderfolgen, wenn der normale Kreis der Entwickelung durchlaufen werden soll. Dieser Generationswechsel beruht auf inneren fest vererbten Eigenschaften des Organismus, und lässt sich nur durch Hypothesen erklären, die auf die Stammesgeschichte zurückgreifen.

Auch bei den niederen Pflanzen, den Algen und Pilzen mit ihren so äusserst mannigfaltigen Fortpflanzungsweisen, hat man einen entsprechenden Generationswechsel angenommen. CELAKOWSKI und BOWER haben betont, dass die ungeschlechtlichen und geschlechtlichen Generationen sich morphologisch nahe stehen, einander homolog sind und PRINGSHEIM hob hervor, dass die Zahl der ungeschlechtlichen Generationen nicht scharf bestimmt ist. Hier bot sich der Physiologie ein Angriffspunkt dar, da die Unregelmässigkeit des Generationswechsels zu der Frage nötigte, ob nicht die Aussenwelt irgend eine Rolle dabei spielt. In der That zeigen meine Untersuchungen, dass bei den daraufhin geprüften Algen gar kein Wechsel von geschlechtlichen und ungeschlechtlichen Individuen stattfindet, sondern nur ein Wechsel der Fortpflanzungsweisen, der in Abhängigkeit von der Aussenwelt steht. Die Bedingungen für die geschlechtliche und ungeschlechtliche Fortpflanzung sind bei jedem Organismus verschieden; so lässt sich bei Vaucheria das gleiche Individuum durch schwaches Licht zur Zoosporenbildung, durch intensiveres zur Geschlechtsthätigkeit veranlassen. Es ist möglich, dass die Mehrzahl der Thallophyten das gleiche Verhalten zeigt, was sich nicht theoretisch, sondern nur durch das Experiment entscheiden lässt. Aber ebenso denkbar ist es, dass bei gewissen Arten bereits der Anfang eines gesetzmässigen Generationswechsels zu finden ist. Wir beobachten, dass die geschlechtlich erzeugten Keime sehr regelmässig zuerst auf ungeschlechtlichem Wege sich vermehren; warum sollte hier nicht eine Beziehung herrschen, die bereits bei Algen zu einer notwendigen, fest vererbten Eigenschaft des Organismus geworden wäre. Bei der bisher am genauesten untersuchten Vaucheria ist es sicher noch nicht der Fall, da die befruchtete Eizelle nach Belieben sich zwingen lässt nur zu wachsen, oder ungeschlechtlich oder gleich wieder

geschlechtlich sich zu vermehren. Wohl aber könnte eine solche Gesetzmässigkeit z. B. im Leben von Coleochaete walten, was nachzuweisen erst eine Aufgabe der Zukunft sein wird.

Der Wechsel von geschlechtlicher und ungeschlechtlicher Fortpflanzung, sei es bei einzelnen Individuen, sei es bei ganzen Generationen, verliert bei den höheren Pflanzen an Bedeutung, wenngleich bei diesen noch Andeutungen in dem Wechsel von vegetativen und blühenden Sprossen vorliegen. Bei den höheren Tieren herrscht allein die geschlechtliche Zeugung. Ohne Zweifel ist die ungeschlechtliche die einfachere, für die schnelle Vermehrung vorteilhaftere Art; man fragt sich, warum sie nicht im Leben aller Organismen waltet, warum diese Vereinigung der Geschlechter von den niedersten bis zu den höchsten Lebewesen in immer steigendem Masse an Bedeutung gewonnen hat. Unwillkürlich glaubt man dem Zeugungsvorgang etwas Mystisches und Unfassbares zuschreiben zu müssen, das mit dem innersten Wesen des Organismus zusammenhängt und notwendig zum Leben der Species gehört. Besonders bei Zoologen begegnet man der Ansicht, dass die Sexualität eine primäre, allen Organismen zukommende Funktion ist, während die Botaniker annehmen, dass die geschlechtliche Fortpflanzung sich erst allmählich aus der ungeschlechtlichen entwickelt hat. Anscheinend liegen für die erste Ansicht Beweise in den interessanten Arbeiten von MAUPAS vor, die die Konjugation der Infusorien behandeln. MAUPAS stellte durch Versuche fest, dass diese kleinen Tiere sich durch einfache Zweiteilung nur eine begrenzte Zahl von Generationen hindurch vermehren können, dass bei Ueberschreitung der Grenze eine allmähliche Degeneration der Zellen um sich greift und die Infusorien dem Untergange weiht. Sowie dagegen vorher eine geschlechtliche Vereinigung zweier Individuen eingetreten ist, so kann die ungeschlechtliche Vermehrung wieder längere Zeit fortgehen. Die Konjugation verleiht nach MAUPAS den Zellen eine verjüngende Kraft, die häufig jeder geschlechtlichen Vereinigung von Organismen zugeschrieben wird. In Uebereinstimmung mit dieser Auffassung steht die bei Pflanzenzüchtern vielfach verbreitete Ansicht, dass Kulturpflanzen, die sehr lange nur ungeschlecht-

lich fortgepflanzt worden sind, deshalb einer greisenhaften Degeneration verfallen.

Wenn man auch die Richtigkeit der Versuche von MAUPAS anerkennt, so fragt man sich doch, ob die daraus gezogene Folgerung eine allgemeine Geltung hat oder ob nicht ein besonderer Fall bei den Infusorien vorliegt. Wir kennen schon lange ein anderes ähnliches Beispiel in den kleinen Kieselalgen, den Diatomeen, die nur eine begrenzte Zahl von Generationen sich teilen können, weil sie sich bei jeder Teilung fort und fort verkleinern; sie bilden von Zeit zu Zeit Sporen, durch die sie ihre normale Grösse wieder erlangen. Auch hier können wir von einem Verjüngungsprozess sprechen, der bei dem einen Teile der Diatomeen geschlechtlich, bei dem andern ungeschlechtlich verläuft, woraus folgt, dass die Sexualität kein durchaus notwendiges, sondern nur ein gelegentlich brauchbares Mittel darstellt. Wie wenig die von MAUPAS u. a. vertretene Auffassung der Befruchtung als Erzeugerin lebenverjüngender Kraft allgemein richtig sein kann, das wird durch das Verhalten jener Algen einleuchtend, die bei geschlechtlicher Fortpflanzung ihr Leben in wenigen Wochen vollenden, bei künstlicher Sterilität sich jahrelang jung und frisch erhalten lassen. Das gleiche beweist das Experiment, das die Natur im Grossen mit jenen Algen anstellt, die im strömenden Wasser Jahre, Jahrzehnte hindurch, wer weiss wie lange, ohne Geschlechtsorgane üppig vegetieren. Jene vermeintlichen Thatsachen, die eine Degeneration von Kulturpflanzen nach langer ungeschlechtlicher Vermehrung beweisen sollen, ruhen, wie schon MÖBIUS betonte, auf ganz unsicherem Boden, während es zweifellos ist, dass alte Kulturpflanzen, wie die Banane, die Feige u. a., seit Jahrhunderten ungeschlechtlich und ohne Schaden vermehrt worden sind. Ganz genau bekannt ist es, dass die Trauerweide, am Ende des vorigen Jahrhunderts nach Europa eingeführt, nur durch Stecklinge fortgepflanzt wird, dass die Wasserpest Elodea seit 1830 in ungeheuerer Menge, durch zahllose Generationen sich nur ungeschlechtlich vermehrt hat, da eine Befruchtung wegen des Mangels an männlichen Pflanzen ausgeschlossen ist. Aus diesen Thatsachen folgt nicht, dass eine Degene-

ration empfindlicher Kulturvarietäten wegen fehlender Befruchtung unmöglich ist; wohl aber folgt, dass kein allgemein gültiges Gesetz die Welt der Organismen beherrscht, nach welchem die geschlechtliche Fortpflanzung, sei es beständig, sei es wenigstens von Zeit zu Zeit, neue verjüngende Kräfte dem Leben einflössen muss.

Die Ansicht, dass die Sexualität eine Grundfunktion jedes Organismus ist, lässt sich noch auf anderem Wege widerlegen. Bei aller Anerkennung des Satzes, dass negative Resultate eine beschränkte Beweiskraft haben, bleibt es doch eine zu auffällige Thatsache, dass bei einer so grossen Menge niederer Organismen geschlechtliche Fortpflanzung niemals beobachtet worden ist, und darunter befinden sich die so sorgfältig untersuchten Bakterien neben Flagellaten, Phycochromaceen u. s. w. Bedeutungsvoller ist es, dass nach den Untersuchungen BREFELDS das zahllose Heer der höheren Pilze nur ungeschlechtlich sich fortpflanzt, während bei niederen Pilzen noch Sexualität vorkommt. Am entscheidensten sind indessen jene merkwürdigen Vorgänge der Parthenogenesis bei der die Eizellen im Stande sind, sich ohne Befruchtung weiter zu entwickeln. Nachdem SIEBOLD als der erste diese jungfräuliche Zeugung bei gewissen Insekten nachgewiesen hatte, wurde sie bei vielen anderen Thieren beobachtet, während bis heute bei Pflanzen kaum ein sicheres Beispiel (vielleicht Chara crinita) dafür bekannt ist, solange man die echte Parthenogenesis darauf beschränkt, dass sicher befruchtungsfähige Geschlechtszellen auch ohne Befruchtung zur Entwickelung kommen. Gelegentliche Beobachtungen von DODEL, BERTHOLD u. a. über parthenogenetische Erscheinungen bei den niedersten Pflanzen führten mich zu Versuchen, sie künstlich zu veranlassen. Bei der grünen Fadenalge Spirogyra, bei der bereits der deutliche Anfang einer Geschlechtssonderung sich findet, gelang es mir, durch Einwirkung einer Salzlösung im geeigneten Augenblick die Vereinigung der Geschlechtszellen zu verhindern. Diese, die männlichen, wie die weiblichen, wandelten sich in Sporen um, die vollkommen den sonst durch die Befruchtung gebildeten Produkten glichen und in derselben Weise keimten. Besonders lehrreich verhält sich die kleine

Alge Protosiphon, die man sehr leicht dazu reizen kann, geschlechtliche Schwärmer zu erzeugen, die äusserst lebhaft im Wasser schwimmen und zu je zweien mit einander verschmelzen. Der kleine Zusatz einer Salzlösung genügt, um den der Kopulation so bedürftigen Schwärmern plötzlich Lust und Fähigkeit dafür zu rauben. Statt sich zu suchen, aufeinander zu stossen, bewegen sie sich gleichgültig neben einander, kommen ohne Kopulation zur Ruhe und bilden dennoch keimfähige Sporen. Auch andere Algen, wie Ulothrix, Hydrodictyon lassen sich zu einer solchen Parthenogenesis bringen, und wahrscheinlich gilt das Gleiche für zahlreiche niedere Formen. In den besprochenen Fällen wirken kleine Aenderungen der Lebensbedingungen mit, eine künstliche Parthenogenesis hervorzurufen. In der höher stehenden Alge Draparnaldia tritt uns ein Beispiel entgegen bei dem anscheinend ohne äussere Einwirkungen die gleichen Geschlechtszellen sowohl nach der Vereinigung von je zweien als auch ohne eine solche dieselben keimfähigen Produkte erzeugen. Die geschlechtliche Fortpflanzung ist also bei diesen niederen Pflanzen rein fakultativ, sie kann, aber muss nicht erfolgen; das wesentliche Ziel wird dennoch erreicht. Wir stehen hier an dem Punkte, wo ungeschlechtliche und geschlechtliche Fortpflanzung ineinander übergehen.

Alle die verschiedenen Beobachtungen und Versuchsresultate führen zum Siege jener Auffassung, dass die geschlechtliche Fortpflanzung keine ursprüngliche, notwendige Funktion jedes Organismus ist, und dass sie sich von der ungeschlechtlichen herleitet. Wollen wir weitergehen und zu erkennen suchen, wie dieser Vorgang sich vollzogen, warum die geschlechtliche Zeugung schliesslich die herrschende Macht erlangt hat, so müssen wir den sicheren Boden verlassen und uns auf den Wellen der Hypothese schaukeln. Doch ist es zu verlockend, wenigstens einigen Gedanken zu folgen, die bei diesen Fragen sich aufdrängen. Wenn wir die erkennbaren Wirkungen der Befruchtung ins Auge fassen, so erhalten wir den überzeugenden Eindruck, dass durch sie nichts ihr eigentümliches, nichts anderes geschaffen wird, als was bei manchen Organismen nicht ebenso durch ungeschlechtliche Fortpflanzung

erreichbar ist. Die geschlechtliche kann schon bei niedern Pflanzen die einzige Art der Vermehrung sein, sie dient bei andern dazu, Keime zu bilden, die in der Ungunst äusserer Umstände die Species erhalten müssen. Sie vermag bei Diatomeen, Infusorien die aus fortgesetzter Teilung sich ergebenden Nachteile, seien es solche der Grösse, seien es die der inneren Organisation, zu beseitigen, und vor allem kommt ihr die ausserordentlich wichtige Rolle bei der Entstehung und Umbildung der Arten zu, die seit DARWIN in den Vordergrund gestellt wird. Alles dieses kann auch auf ungeschlechtlichem Wege bei nahverwandten Organismen errungen werden, sogar eine grosse Mannigfaltigkeit in der Artbildung, wofür die geschlechtslosen Bakterien ein deutliches Beispiel sind.

Wenn nun auch bei niederen Organismen die beiden Fortpflanzungsweisen sich in allem vertreten können, so müssen doch mit der Sexualität in bestimmter Richtung Vorteile verbunden sein, und sie liegen darin, dass durch die Vereinigung zweier Zellen eine grössere Kraftsumme zur Verfügung steht. Für keine der Wirkungen ist aber die Vereinigung von entscheidenderer Bedeutung als für die Förderung der Artbildung. Denn die bald schon auftretenden Einrichtungen, die Vermischung blutsverwandter Geschlechtszellen zu verhindern, die Sonderung des männlichen und weiblichen Geschlechts, die Möglichkeit der Bastardbefruchtung, alles wirkt zusammen, dass die sich vereinigenden Zellen durch individuelle Verschiedenheiten in der Organisation ausgezeichnet sind. Infolgedessen kommen eigenartige Mischungen der elterlichen Eigenschaften in den Nachkommen zur Entfaltung, und damit sind die ersten Schritte zur Varietätenbildung gegeben. Die geschlechtliche Fortpflanzung ist daher eine sehr viel mächtiger sprudelnde Quelle der Variabilität und hat mit der allmählich höheren Entwickelung der Arten die ungeschlechtliche in den Hintergrund gedrängt und auf engere Kreise beschränkt. Die höheren Pflanzen gestatten noch, den charakteristischen Unterschied der beiden Fortpflanzungsweisen zu erkennen; denn die praktischen Ergebnisse der Pflanzenzucht lehren uns, dass die besonderen Merkmale irgend einer ausgezeichneten Varietät